

#4
20-02-9

1000 U.S. PTO
10/054668
01/23/02

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:
YANG ET AL.

Serial No. **Not yet assigned**

Filing Date: **Herewith**

For: **HEXAHEDRAL FINITE ELEMENT
MODELING METHOD FOR CONTROLLING
ELEMENT SIZE AND STORAGE MEDIUM
THEREFOR**

) I HEREBY CERTIFY THIS PAPER OR FEE IS BEING DEPOSITED
) WITH THE U.S. POSTAL SERVICE "EXPRESS MAIL POST
) OFFICE TO ADDRESSEE" SERVICE UNDER 37 CFR 1.10 ON
) THE DATE INDICATED BELOW AND IS ADDRESSED TO: BOX
) PATENT APPLICATIONS, ASST. COMMISSIONER FOR PATENTS,
) WASHINGTON DC 20231-0001.

) EXPRESS MAIL NO: EL 768139925 US

) DATE OF DEPOSIT: January 22, 2002

) NAME: DAWN KIMLER

) SIGNATURE: *Dawn Kimler*

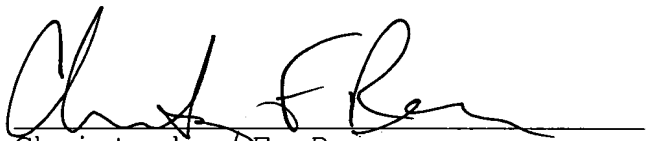
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

Director, U.S. Patent and Trademark Office
Washington, D.C. 20231

Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of the
priority Korean Application No. 2001-9360.

Respectfully submitted,



Christopher F. Regan
Reg. No. 34,906
Allen, Dyer, Doppelt, Milbrath
& Gilchrist, P.A.
255 S. Orange Avenue, Suite 1401
Post Office Box 3791
Orlando, Florida 32802
Telephone: 407/841-2330
Fax: 407/841-2343
Attorney for Applicant

대한민국 특허청

KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

U.S. PTO
10/054668
01/23/02

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 특허출원 2001년 제 9360 호
Application Number

출원년월일 : 2001년 02월 23일
Date of Application

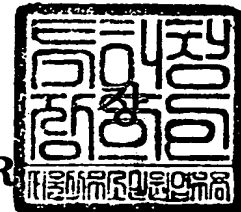
출원인 : 한국과학기술원
Applicant(s)



2001 년 04 월 17 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2001.02.23
【발명의 명칭】	요소크기제어를 위한 육면체유한요소 모델링방법 및 그 기록매체
【발명의 영문명칭】	Hexahedral Finite Element Mesh To Control The Element Size Modelling Method And Storage Medium Thereof
【출원인】	
【명칭】	한국과학기술원
【출원인코드】	3-1998-098866-1
【대리인】	
【성명】	손은진
【대리인코드】	9-1998-000269-1
【포괄위임등록번호】	2000-041655-2
【발명자】	
【성명의 국문표기】	양동열
【성명의 영문표기】	YANG, Dong Yeol
【주민등록번호】	501130-1010419
【우편번호】	305-701
【주소】	대전광역시 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 기계공학과
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이영규
【성명의 영문표기】	LEE, Young Kyu
【주민등록번호】	690512-1162819
【우편번호】	305-701
【주소】	대전광역시 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 기계공학과
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 손은진 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 12 면 12,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 10 항 429,000 원

【합계】 470,000 원

【감면사유】 정부출연연구기관

【감면후 수수료】 235,000 원

【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 유한요소법에서의 유한요소를 최적으로 모델링 하기 위한 요소크기제어를 위한 육면체유한요소 모델링방법 및 그 기록매체에 관한 것이다. 유한 요소 모델링에 있어서, 육면체의 일측면은 4등분하고, 대응 타측면은 16등분으로 세분화여 면접합 단위 요소망으로 모델링하는 단계와, 상기 면접합 단위 요소망과 2개면을 공유하고, 육면체의 일측의 모서리는 2등분되며, 대각위치의 대응 모서리는 4등분되어 모서리접합 단위 요소망으로 모델링 하는 단계와, 상기 모서리접합 단위 요소망과 3개면을 공유하고, 육면체의 일측 꼭지점과 만나는 3개 면을 각각 4등분하며, 대각위치의 대응 꼭지점과 만나는 3개 면의 일부영역을 각각 4등분하여 점접합 단위 요소망으로 모델링 하는 단계로 이루어지는 것을 특징으로 한다. 그리고, 사용자가 구조체를 용이하게 모델링 할 수 있도록 상기 모델링 방법의 각 단계 및 사용자의 편리성을 위한 옵션들을 프로그램 코드화하여 기록한다.

【대표도】

도 3

【색인어】

유한요소법, 유한요소, 모델링, 육면체, 기록매체, 시스템

【명세서】**【발명의 명칭】**

요소크기제어를 위한 육면체유한요소 모델링방법 및 그 기록매체{Hexahedral Finite Element Mesh To Control The Element Size Modelling Method And Storage Medium Thereof

【도면의 간단한 설명】

- 도 1은 종래 육면체 유한요소의 모델링 방법의 순서도,
도 2는 종래 육면체 유한요소의 사시도,
도 3은 본 발명에 따른 요소크기 제어를 위한 육면체 유한요소 모델링 방법의 순서도,
도 4는 본 발명에 따른 면접합 단위 요소망의 사시도,
도 5는 본 발명에 따른 모서리접합 단위 요소망의 사시도,
도 6은 본 발명에 따른 점접합 단위 요소망의 사시도,
도 7은 본 발명에 따른 육면체 유한요소의 구성도,
도 8은 본 발명에 따른 모델링 방법이 적용된 제 1실시도,
도 9는 본 발명에 따른 모델링 방법이 적용된 제 2실시도,
도 10은 본 발명에 따른 모델링 방법이 적용된 제 3실시도이다.

< 도면의 주요부분에 따른 부호의 설명 >

- | | |
|-----------------|---------------|
| 1: 육면체 유한요소 | 10: 면접합 단위요소망 |
| 20: 모서리접합 단위요소망 | 30: 점접합 단위요소망 |

【발명의 상세한 설명】**【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

- <14> 본 발명은 유한요소법에서의 유한요소 모델링 방법 및 그 기록매체에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 면접합 단위요소망, 모서리접합 단위요소망, 꼭지점접합 단위요소망으로 이루어져 보다 효율적으로 육면체 유한요소를 모델링할 수 있는 요소크기 제어를 위한 육면체 유한요소 모델링 방법 및 그 기록매체에 관한 것이다.
- <15> 일반적으로, 기계공학과 같이 대상물에 대한 구조적인 역학해석을 중점적으로 연구하는 분야에서는 미분방정식의 근사화 수치해석기법 중의 하나인 유한요소법(Finite Element Method, FEM)을 이용한다.
- <16> 이러한, 유한요소법은 기계 및 구조물의 강도 및 변형해석, 유체유동해석, 전자기장의 해석 등에 주로 적용되는데, 이를 위해 공학적 해석을 위한 당해 구조물 또는 기계의 해석하고자 하는 영역(Problem Domain)을 일정한 단위체적의 형태로 분할하게 되는데, 이것을 유한 요소망(Finite Element Mesh)이라 한다.
- <17> 상기 통상적인 유한요소법에서 해석영역의 유한요소망으로의 분할을 일컫어 유한요소의 모델링 방법이라 하는데, 이를 어떻게 모델링 하는가에 따라서 대상물의 거동을 정확성이 판가름난다.
- <18> 상기 종래의 유한요소법은 크게 3단계의 과정으로 구성되는데 우선 첫번째가 전처리단계(Pre-Processor)이고, 두번째가 수치계산단계(Solver)이며, 그리고, 마지막 세번째 단계가 후처리단계(Post-Processor)이다.

- <19> 이 중에서 상기 전처리단계에서는 주변환경에서의 다양한 불규칙적인 영향들을 배제하여 실제대상물을 이상적으로 모델링하고, 이를 기하학적으로 모델링하며, 다시 이를 유한요소로 모델링한다.
- <20> 아울러, 상기 유한요소로의 모델링에서는 공학적인 문제의 대상이 되는 해석영역을 정하고, 이를 일정한 형태의 다양한 단위체적으로 분할하게 되는데, 이것이 상술한 유한요소망이다.
- <21> 이러한, 상기 유한요소망은 기본적으로 하나의 단위체적인 요소(Element)와 그 꼭지점에 해당되는 노드(Node)으로 구성된다.
- <22> 여기서, 상기 요소(Element)는 그 형상에 따라서 사면체요소(Tetrahedral Element), 육면체요소(Hexahedral Element), 피라미드요소(Pyramid Element) 등으로 나뉘어지는데, 이 중 사면체요소와 육면체요소가 가장 널리 사용되는 요소형상이다.
- <23> 아울러, 상기 유한요소의 모델링을 통한 해석시에는 대상구조물이 받는 힘의 정도나, 이에 따른 변형 또는 변형률의 정도에 따라서 요소망에서의 국부적 부분의 밀도 또는 노드의 밀도를 제어해야 할 필요성이 있다.
- <24> 이는 오차가 비교적 덜 발생하게 되는 부분은 보다 큰 요소로 분할함으로써, 요소의 부분 또는 노드 밀도를 작게 하고, 이에 반해 비교적 오차가 많이 발생하는 부분은 보다 작은 요소로 세분화함으로써, 부분 또는 노드의 밀도를 크게 하는 것인데, 이를 통해, 동일한 계산량으로도 보다 높은 정밀도를 얻을 수 있게 된다.
- <25> 도 1은 종래 육면체 유한요소의 모델링 방법의 순서도이고, 도 2는 종래 육면체 유한요소의 사시도이다.

- <26> 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 유한요소(1)는 6개의 면과 12개의 모서리 그리고, 4개의 꼭지점을 갖는 육면체 형상을 이루고 있다.
- <27> 여기서, 상기 유한요소(1)에서 오차범위가 작은 부분은 상술한 바와 같이, 밀도를 작게 할 필요성이 있기 때문에, 비교적 크게 분할해야 하는데 상기 유한요소(1)를 이루는 6개의 면 중 1개의 꼭지점을 이루는 3개의 면이 4등분됨으로써, 비교적 큰 밀도를 갖게 된다.(S10)
- <28> 그리고, 상기 4등분된 3개면을 제외한 상기 유한요소(1)의 나머지 3개면 즉, 상기 꼭지점과 대각위치에 있는 꼭지점에서 만나는 3개면을 4등분한다.(S20)
- <29> 이 후, 상기 3개면의 일부영역을 다시 4등분하여 상기 꼭지점을 중심으로 12개의 균등분할된 면들이 집중되어 있다.(S30)
- <30> 이는 공학적 계산에 따른 오차범위가 비교적 큰 부분으로 이를 해소하기 위해 작게 세분화함으로써, 밀도를 크게 한 부분이다.
- <31> 한편, 상기 종래의 유한요소망 모델링 방법에 따르면 해석의 대상이 되는 구조체를 육면체 형상으로 모델링할 경우에, 세분화할 부분과 이에 비해 비교적 크게 분할하여야 할 부분이 상호 완전한 접합성을 유지하면서 국부적으로 세분화 하는 것이 용이하지 못한 문제점이 있었다.
- <32> 또한, 오차범위 및 이에 따른 밀도를 고려하여 국부적으로 세분화를 하는 경우에 있어서도, 세분화되어진 일부에 비해 대응되는 타부분의 분할크기의 상호 격차가 비교적 크기 때문에, 상호 요소간의 크기의 비가 불균형을 이루는 문제점이 있었다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <33> 따라서, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 감안하여 안출된 것으로써, 본 발명의 제 1목적은 육면체 유한요소에서 상호 크기가 다른 영역간에 완전하게 상호 전이할 수 있을 뿐만 아니라 전이 전후가 완만할 수 있는 요소크기 제어를 위한 육면체 유한요소 모델링 방법 및 그 기록매체를 제공하는 것이다.
- <34> 그리고, 본 발명의 제 2목적은 면접합, 모서리접합, 꼭지점접합 구조의 단위요소망으로 이루어져 모델링되는 요소크기 제어를 위한 육면체 유한요소 모델링 방법 및 육면체 유한요소 모델링 시스템의 기록매체를 제공하는 것이다.
- <35> 이러한 본 발명의 목적들은 유한 요소 모델링에 있어서,
- <36> 육면체의 일측면은 4등분하고, 대응 타측면은 16등분으로 세분화하여 면접합 단위 요소망으로 모델링하는 단계;
- <37> 상기 면접합 단위 요소망과 2개면을 공유하고, 육면체의 일측의 모서리는 2등분되며, 대각위치의 대응 모서리는 4등분되어 모서리 접합 단위 요소망으로 모델링 하는 단계;
- <38> 상기 모서리 접합 단위 요소망과 3개면을 공유하고, 육면체의 일측 꼭지점과 만나는 3개 면을 각각 4등분하며, 대각위치의 대응 꼭지점과 만나는 3개 면의 일부영역을 각각 4등분하여 점 접합 단위 요소망으로 모델링 하는 단계;으로 이루어지는 것을 특징으로 요소크기 제어를 위한 육면체 유한요소 모델링 방법에 의하여 달성된다.
- <39> 여기서, 상기 면접합 단위 요소망은 4등분되는 일측면과, 16등분으로 세분화되는 대응 타측면 사이에서의 상호 전이가 이루어지는 것이 바람직하다.

- <40> 그리고, 상기 모서리접합 단위 요소망은 2등분되는 일측의 모서리와, 4등분되는 대각위치의 대응 모서리 사이에서의 상호 전이가 이루어지는 것이 바람직하다.
- <41> 또한, 상기 점접합 단위 요소망은 일측 꼭지점과 만나 각각 4등분되는 3개면과 대응 꼭지점과 만나 일부영역이 각각 4등분되는 3개면 사이에서의 상호 전이가 이루어지는 것이 바람직하다.
- <42> 아울러, 본 발명의 상기와 같은 목적들은 유한 요소의 모델링 시스템에 있어서, 육면체의 일측면은 4등분하고, 대응 타측면은 16등분으로 세분화하여 면접합 단위 요소망으로 모델링하는 프로그램 코드;
- <43> 상기 면접합 단위 요소망과 2개면을 공유하고, 육면체의 일측의 모서리는 2등분되며, 대각위치의 대응 모서리는 4등분되어 모서리 접합 단위 요소망으로 모델링 하는 프로그램 코드;
- <44> 상기 모서리 접합 단위 요소망과 3개면을 공유하고, 육면체의 일측 꼭지점과 만나는 3개 면을 각각 4등분하며, 대각위치의 대응 꼭지점과 만나는 3개 면의 일부영역을 각각 4등분하여 점 접합 단위 요소망으로 모델링 하는 프로그램 코드;
- <45> 상기 면접합 단위 요소망, 모서리 접합 단위 요소망, 점접합 단위 요소망이 공유하는 면을 기초로 하여 상호 결합하도록 하는 프로그램 코드;
- <46> 상기 면접합 단위 요소망, 모서리 접합 단위 요소망, 점접합 단위 요소망의 각 구조 또는 상호 결합되어진 구조를 2차원 또는 3차원으로 이미지화 하여 디스플레이 하는 프로그램 코드;
- <47> 2차원 또는 3차원으로 이미지화되어 디스플레이 되는 상기 면접합 단위 요소망, 모

서리 접합 단위 요소망, 점접합 단위 요소망의 각 구조 또는 상호 결합되어진 구조를 지면상으로 인쇄하여 출력하도록 하는 프로그램 코드;

<48> 상기 면접합 단위 요소망, 모서리 접합 단위 요소망, 점접합 단위 요소망으로 모델링될 구조물에 관한 각종 수치를 입력, 수정, 삭제하는 프로그램 코드; 및

<49> 상기 면접합 단위 요소망, 모서리 접합 단위 요소망, 점접합 단위 요소망의 구조에 관한 데이터를 저장하는 프로그램 코드;를 포함하는 것을 특징으로 육면체 유한요소 모델링 시스템의 기록매체에 의하여 달성된다.

<50> 여기서, 상기 면접합 단위 요소망, 모서리 접합 단위 요소망, 점접합 단위 요소망의 구조에 관한 디스플레이가 실행되는 환경을 제공하는 뷰어의 크기, 색상, 글자에 관한 다양한 환경을 설정하는 프로그램 코드가 더 포함되는 것이 바람직하다.

<51> 그리고, 상기 면접합 단위 요소망, 모서리 접합 단위 요소망, 점접합 단위 요소망의 구조를 3차원상에서 회전하도록 하여 디스플레이 하는 프로그램 코드; 및

<52> 3차원상에서의 회전을 통해 상기 면접합 단위 요소망, 모서리 접합 단위 요소망, 점접합 단위 요소망의 최적의 결합상태를 제공하도록 하는 프로그램 코드;를 더 포함하는 것이 바람직하다.

<53> 아울러, 상기 면접합 단위 요소망, 모서리 접합 단위 요소망, 점접합 단위 요소망의 구조에 관하여 저장되어진 데이터는 목차, 서브목차, 콘텐츠 및 이에 관련되어지는 수치 별로 구분되어 저장되는 프로그램 코드;

<54> 상기 상기 면접합 단위 요소망, 모서리 접합 단위 요소망, 점접합 단위 요소망의 구조에 관하여 저장되어진 데이터에서 입력된 검색어를 통해 문자검색을 수행하는 프로

그램 코드;

<55> 검색된 결과가 목차, 서브목차, 콘텐츠 및 이에 관련되어지는 수치인지를 구분하여 표시하고, 그 결과를 나열하는 프로그램 코드;

<56> 상기 나열된 검색결과들 중 어느 하나를 지정할 경우, 해당되는 검색결과를 표시하는 프로그램 코드; 및

<57> 상기 검색되어진 결과를 색인어 리스트에 포함시켜 저장하는 프로그램 코드;를 더 포함하는 것이 바람직하다.

<58> 그리고, 저장되어진 상기 수치 데이터는 해당하는 단위가 첨부되어지도록 하는 프로그램 코드; 및

<59> 변환되어지는 단위에 따라 상기 수치 데이터를 변환하는 프로그램 코드;

<60> 상기 수치 데이터에 첨부되어진 단위로부터 상기 수치 데이터가 해당하는 물리력을 구분하는 프로그램 코드;를 더 포함하는 것이 바람직하다.

<61> 또한, 저장되어진 데이터를 검색하는 경우 부적절한 검색어의 소정횟수 이상의 입력시 상기 색인어 리스트가 자동으로 표시되도록 하는 프로그램 코드; 및

<62> 상기 검색되어진 결과를 지면상에 인쇄되어 출력하는 프로그램 코드;를 더 포함하는 것이 바람직하다.

<63> 본 발명의 그 밖의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 분명해질 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

<64> 본 발명에 따른 요소크기 제어를 위한 육면체 유한요소 모델링 방법 및 육면체 유

한요소 모델링 시스템의 기록매체에 관한 상세한 설명에 앞서, 본 발명에서 일관되게 사용되고 있는 유한요소망(Finite Element Mesh)이란 ' 공학적인 문제를 해석하기 위해서 해석영역을 일정한 형태로 분할한 단위체적 ' 으로서, 기본적으로 일정한 단위체적인 요소(Element)와 그 꼭지점에 해당되는 노드(Node)로 구성된다.

<65> 상기 유한요소망은 공학적인 구조물의 거동해석을 위한 유한요소법(Finite Element Method, F.E.M)에서 구조물을 이상화된 모델링과정과 기하학적 모델링과정을 거쳐 유한요소로 모델링하는 전처리과정(Pre-Processor)에서 사용되는데, 당해 해석영역을 사면체요소(Tetrahedral Element), 육면체요소(Hexahedral Element), 피라미드요소(Pyramid Element) 등과 같이 다양한 형상의 3차원 유한요소 형상 중에서 공학적 해석이 유리한 형상을 선택하여 모델링 하게 된다.

<66> 이 중 본 발명에서는 유한요소법에서 가장 널리 사용되는 육면체 형상의 유한요소망에 관한 모델링방법에 관하여 설명하고자 한다.

<67> 한편, 본 발명에서 일관되게 사용되고 있는 전이(Transition)란 ' 한 상태에서 다른 상태로의 일관된 변화 '를 말하는 것으로서, 본 발명에서는 육면체 형상을 갖는 유한요소에서 일부분은 크게 분할하고 이에 대응되는 타부분은 잘게 세분화 하여 분할할 경우에, 중간영역에 해당되는 부위도 크게 분할된 부위와 잘게 세분화된 부위와 상호 온전한 접합성을 유지할 수 있다는 것을 의미한다.

<68> 다음으로는 본 발명에 따른 요소크기 제어를 위한 육면체 유한요소 모델링 방법에 관해 첨부되어진 도면과 더불어 상세하게 설명하기로 한다.

<69> 도 3은 본 발명에 따른 요소크기 제어를 위한 육면체 유한요소 모델링 방법의 순서

도이고, 도 4는 본 발명에 따른 면접합 단위 요소망의 사시도이며, 도 5는 본 발명에 따른 모서리접합 단위 요소망의 사시도이고, 도 6은 본 발명에 따른 점접합 단위 요소망의 사시도이다.

<70> 도 3, 도 4, 도 5 및 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 요소크기 제어를 위한 육면체 유한요소 모델링 방법은 전체적으로 3단계의 과정을 거치게 된다.

<71> 이에 앞서 해석하고자 하는 당해 구조물을 육면체의 단위 유한요소로 모델링하고자 할 때, 우선 해석에 따른 수학적 계산의 오차범위가 크다고 예상되는 부분은 비교적 세밀하게 세분화하여 밀도를 줄이고, 보다 오차범위가 작다고 예상되는 부분은 비교적 크게 분할함으로써, 높은 정밀도를 갖는 유한요소모델링을 할 수 있다.

<72> 이 때, 육면체 형상으로 상기 당해 구조물을 분할한 후 비교적 오차범위가 작다고 예상되는 상기 육면체의 일측면은 4등분하고, 상기 일측면과의 접합성을 일관되게 유지하면서 상기 일측면과 대응되는 타측면은 16등분으로 세분화함으로써, 상기 일측면과 타측면이 상호 전이할 수 있는 면접합 단위 요소망(10)으로 모델링한다.(S100)

<73> 여기서, 상기 일측면과 대응되는 타측면은 공학자가 비교적 오차범위가 작을 것이라고 예상되는 부분이다.

<74> 그리고, 다음으로는 상기 육면체 형상의 단위 요소를 모서리 접합 단위 요소망(20)으로 모델링하는 단계인데, 상기 면접합 단위 요소망(10)과 동일하게 분할되어진 2개의 면을 공유하고, 오차범위가 비교적 작다고 예상되는 육면체의 일측의 모서리는 2등분하며, 오차범위가 비교적 크다고 예상되는 대각위치의 대응 모서리는 4등분한다.(S200)

<75> 이는 대각위치의 각 모서리부위의 분할형태는 상이하지만 온전한 접합성을 일관되

게 유지한 채 상호 전이할 수 있다.

<76> 아울러, 다음으로는 육면체 형상의 단위 요소를 점접합 단위 요소망(30)으로 모델링 하는 단계인데, 상기 모서리접합 단위 요소망(20)과 분할 형태가 동일한 3개면을 공유하고, 상기 육면체의 일측의 꼭지점과 만나는 3개 면을 각각 4등분하며, 상기 일측의 꼭지점에 대해 대각위치를 갖는 대응 꼭지점과 만나는 3개 면의 일부영역 즉, 상기 대응 꼭지점에 접하는 영역을 부근을 각각 4등분함으로써, 총 12개의 면으로 분할된다.(S300)

<77> 여기서, 상기 일측의 꼭지점을 중심으로 상기 대각위치의 타측 꼭지점에 비해 분할 정도가 덜한 부분은 비교적 오차범위가 작다고 예상되는 부분이고, 상기 타측 꼭지점의 분할부분은 비교적 오차범위가 크다고 예상되는 부분이기 때문에, 일측에 비해 분할 정도가 작다.

<78> 덧붙여, 상기 일측 꼭지점을 비롯한 부근 영역과 타측 꼭지점을 비롯한 부근영역은 분할 형태는 상이하지만, 일관된 접합성을 유지한 채 상호 전이될 수 있다.

<79> 한편, 상기 면접합 단위 요소망(10)은 상기 모서리접합 단위 요소망(20)과 육면체를 이루는 6개의 면 중 2개면의 면 분할 형태 및 크기가 상호 동일하여 이를 통해 서로 결합할 수 있다.

<80> 또한, 상기 모서리접합 단위요소망(20)은 상기 점접합 단위 요소망(30)과 육면체를 이루는 6개의 면 중 3개면의 면 분할 형태 및 크기가 상호 동일하여 이를 통해 서로 결합할 수 있다.

<81> 따라서, 상기 면접합 단위 요소망(10)과 모서리접합 단위요소망(20) 그리고, 점접합 단위요소망(30)은 각각 상호간에 동일한 면 분할형태를 갖는 부분끼리 상호 일관된

접합성을 유지한 채 결합함으로써, 전체적으로 하나의 또 다른 육면체 단위요소를 구성할 수 있다.

<82> 여기서, 상기 면접합 단위 요소망(10)은 도 3에서와 같이, 육면체를 이루는 6개의 면중 서로 마주보는 윗면과 아랫면의 면 분할 형태가 상이한데, 윗면은 4개로 분할되지만, 상기 윗면에서의 1개의 분할면이 아랫면에서는 다시 4개로 분할되어 아랫면은 총 16개로 세분화된 형태를 갖는다.

<83> 그리고, 상기 윗면과 아랫면의 각 4개의 모서리를 공유하는 옆면 4개의 분할 형태는 상호 동일하며, 상기 윗면과 아랫면의 분할형태가 상이하더라도 서로 접합성을 유지한 채 전이될 수 있도록 하는 면 분할 형태를 갖는다.

<84> 모서리접합 단위 요소망(20)은 도 5에서와 같이, 상기 면접합 단위 요소망 (10)의 옆면과 동일한 면 분할 형태를 갖는 것이 6개의 면 중 2개가 있는데, 4개의 옆면 중 1개와 이에 모서리를 공유하는 아랫면이 그것이다.

<85> 또한, 옆면 중 상호 마주보는 2개의 면은 동일하며 나머지 1개의 옆면과 이에 모서리를 공유하는 윗면은 상기 면접합 단위 요소망(10)의 4등분된 윗면과 동일한 형태를 지니지만, 면접합 단위 요소망(10)과는 공유하여 결합하지 않고, 비교적 오차범위가 작아서 보다 크게 분할된 또 다른 육면체 요소와 결합되는 부분이다.

<86> 아울러, 점접합 단위 요소망(30)은 상기 모서리접합 단위 요소망(20)과 공유하는 3개의 면이 있는데, 상기 모서리접합 단위 요소망(20)의 옆면 중 동일한 형태를 갖고 서로 마주보는 위치에 있는 2개의 면인데, 이 2개의 면과 동일한 형태를 지녀 서로 일치하는 상기 점접합 단위 요소망(30)의 면은 옆면을 이루는 4개의 면중 서로 모서리를 공유

하는 2개의 면과 이와 더불어 하나의 꼭지점에서 만나는 동일형태의 아랫면이다.

<87> 그리고, 상술한 상기 점접합 단위 요소망(30) 3개의 면을 제외한 나머지 면들 즉, 윗면 및 이와 만나 꼭지점을 이루는 동일한 형태의 2개의 면이 있는데, 상기 윗면을 포함한 3개의 동일형태의 면은 4등분된 형태로 비교적 오차범위가 작다고 예상되는 부분을 이루어 분할 형태가 비교적 큰 또 다른 육면체 요소와 결합할 수 있다.

<88> 덧붙여, 상기 꼭지점은 상기 모서리접합 요소망(20)과 공유하는 3개의 면이 만나는 꼭지점에 대각위치를 점하게 된다.

<89> 도 7은 본 발명에 따른 육면체 유한요소의 구성도이다.

<90> 도 7에 도시된 바와 같이, 면접합 단위 요소망(10)과 모서리접합 단위 요소망(20)과 점접합 단위요소망(30)이 서로 일치되는 면을 통해 결합하게 된다.

<91> 이를 제외한 일측에 위치하는 육면체 요소는 6면 모두가 16등분되어 상기 면접합 단위 요소망(10)의 16등분되어진 일면과 결합하게 된다.

<92> 따라서, 육면체의 형상으로 기하학적으로 모델링되는 구조물은 공학적 계산에 따른 오차범위가 비교적 클 것이라고 예상되는 부분과 이에 반해 오차범위가 작을 것이라고 예상되는 부분을 구분한다.

<93> 그리고, 분할되는 면을 중심으로 하는 면접합 단위 요소망(10), 분할되는 모서리 및 그 주변의 분할되는 면을 중심으로 하는 모서리접합 단위 요소망(20), 분할되는 면들이 만나는 꼭지점을 중심으로 하는 점접합 단위 요소망(30)으로 모델링함으로써, 동일한 공학적 계산을 통해서 보다 더 정밀한 해석결과를 얻을 수 있다.

<94> 도 8은 본 발명에 따른 모델링 방법이 적용된 제 1실시도이고, 도 9는 본 발명에

다른 모델링 방법이 적용된 제 2실시도이며, 도 10은 본 발명에 따른 모델링 방법이 적용된 제 3실시도이다.

<95> 도 8, 도 9 및 도 10에 도시된 바와 같이, 공학적으로 해석을 하고자 하는 해석영역을 육면체 형상으로 모델링하는데, 공학적 계산을 통한 오차범위가 비교적 크다고 예상되는 부분은 비교적 세분화함으로써, 단위 요소의 밀도를 비교적 크게 하고, 이에 반해 오차범위가 비교적 작다고 예상되는 부분은 비교적 크게 분할함으로써, 단위 요소의 밀도를 작게 하여 정밀하고도 정확한 해석결과를 산출할 수 있다.

<96> 여기서, 상기 세분화된 부분은 전체 구조물에서 비교적 힘이 집중되는 부분 또는 변형의 정도가 심한 부분으로 해석시에도 오차발생의 여지가 비교적 타 부분보다 큰 부분이다.

<97> 아울러, 작게 세분화되는 부분과 이에 반해 크게 분할되는 부분은 상호간에 일관된 접합성을 유지할 수 있기 때문에, 육면체의 형상을 온전하게 유지하면서 상호 전이될 수 있다.

<98> 다음으로는 본 발명에 따른 요소크기 제어를 위한 육면체 유한요소 모델링 시스템의 기록매체에 관하여 설명하기로 한다.

<99> 상기 기록매체는 씨디-롬(CD-ROM), 디브이디(DVD), 하드디스크, 광디스크, 플로피 디스크, 자기기록 테이프 등을 들 수 있는데, 상기 이러한 기록매체에 저장되어 유한요소의 모델링을 컴퓨터를 통해 구현할 수 있는 프로그램 코드는 크게 8가지로 구성된다.

<100> 우선 첫번째 프로그램 코드에서는 육면체의 일측면은 4등분하고, 대응 타측면은 16등분으로 세분화하여 면접합 단위 요소망(10)으로 모델링 하게 된다.

- <101> 그리고, 두번째 프로그램 코드에서는 상기 면접합 단위 요소망(10)과 2개면을 공유하고, 육면체의 일측의 모서리는 2등분되며, 대각위치의 대응 모서리는 4등분되어 모서리 접합 단위 요소망(20)으로 모델링 하게 된다.
- <102> 아울러, 세번째 프로그램 코드에서는 상기 모서리 접합 단위 요소망(20)과 3개면을 공유하고, 육면체의 일측 꼭지점과 만나는 3개 면을 각각 4등분하며, 대각위치의 대응 꼭지점과 만나는 3개 면의 일부영역을 각각 4등분하여 점 접합 단위 요소망(30)으로 모델링 한다.
- <103> 또한, 네번째 프로그램 코드에서는 상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)이 공유하는 면을 기초로 하여 상호 결합하도록 하게 된다.
- <104> 다섯번째 프로그램 코드에서는 상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)의 각 구조 또는 상호 결합되어진 구조를 2차원 또는 3차원으로 이미지화 하여 디스플레이 하게 되어 사용자로 하여금 용이하게 모델링 결과를 관찰하도록 할 수 있다.
- <105> 여섯번째 프로그램 코드에서는 2차원 또는 3차원으로 이미지화되어 디스플레이 되는 상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)의 각 구조 또는 상호 결합되어진 구조를 지면상으로 인쇄하여 출력하도록 함으로써, 결과를 지면상으로 활자할 수 있다.
- <106> 다음으로 일곱번째의 프로그램 코드에서는 상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)으로 모델링될 구조물에 관한 각종 수치

를 입력, 수정, 삭제한다.

- <107> 마지막 여덟번째 프로그램 코드에서는 상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)의 구조에 관한 데이터를 저장한다.
- <108> 여기서, 상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)의 구조에 관한 디스플레이가 실행되는 환경을 제공하는 뷰어의 크기, 색상, 글자에 관한 환경을 설정하는 프로그램 코드가 더 포함되는데, 이를 통해 화면으로의 디스플레이를 한층 더 강화할 수 있다.
- <109> 또한, 상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)의 구조를 3차원상에서 회전하도록 하여 디스플레이 하는 프로그램 코드와, 3차원상에서의 회전을 통해 상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)의 최적의 결합상태를 제공하도록 하는 프로그램 코드를 더 포함됨으로써, 사용자는 모델링 구조를 보다 용이하게 관찰할 수 있다.
- <110> 아울러, 상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)의 구조에 관하여 저장되어진 데이터가 목차, 서브목차, 콘텐츠 및 이에 관련되어지는 수치 별로 구분되어 저장되어지는 프로그램 코드를 통해 추후 검색이 용이해질 수 있다.
- <111> 그리고, 색인어를 통해 사용자가 이미 데이터화 하여 저장되어진 결과 및 과정 내용을 검색하기 위하여 상기 상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)의 구조에 관하여 저장되어진 데이터에서 입력된 검색어를 통해 문자검색을 수행하는 프로그램 코드가 있는데, 이를 통해 사용자는 보다 손쉽게 키

워드를 통해 저장되어진 결과를 검색할 수 있다.

<112> 여기에 더하여 검색된 결과가 목차, 서브목차, 콘텐츠 및 이에 관련되어지는 수치 인지를 구분하여 표시하고, 그 결과를 나열하는 프로그램 코드와, 상기 나열된 검색결과들 중 어느 하나를 지정할 경우, 해당되는 검색결과를 표시하는 프로그램 코드 그리고, 상기 검색되어진 결과를 색인어 리스트에 포함시켜 저장하는 프로그램 코드를 더 포함함으로써, 검색결과를 보다 용이하게 디스플레이 할 수 있다.

<113> 아울러, 저장되어진 상기 수치 데이터에 해당하는 단위가 첨부되어지도록 하는 프로그램 코드가 포함되고, 변환되어지는 단위에 따라 상기 수치 데이터를 변환하는 프로그램 코드가 이에 덧붙여짐으로써, 수치에 따른 단위혼란을 방지할 수 있으며; 이는 상기 수치 데이터에 첨부되어진 단위로부터 상기 수치 데이터가 해당하는 물리력을 구분하기 위해 추가되는 프로그램 코드에 의해서 한층 더 강화될 수 있다.

<114> 그리고, 사용자의 부적절한 검색명령을 방지하기 위하여 저장되어진 데이터를 검색하는 경우 부적절한 검색어의 소정횟수 이상의 입력시 상기 색인어 리스트가 즉각적으로 표시되도록 하는 프로그램 코드를 추가한다.

<115> 더불어, 상기 검색되어진 결과를 지면상에 인쇄되어 출력하는 프로그램 코드를 더 포함하여 지면으로 활자화 할 수 있다.

【발명의 효과】

<116> 이상에서와 같이 본 발명에 따른 요소크기 제어를 위한 육면체 유한요소 모델링 방법 및 육면체 유한요소 모델링 시스템의 기록매체에 따르면, 상기 모델링 방법은 오차범위의 크고 작음에 따라 유한요소의 밀도를 용이하게 조절할 수 있기 때문에, 단순 형상

의 구조체에서 복잡한 형태를 이루는 구조체에 이르기까지 하중에 따른 변형정도 등을 보다 정밀하게 해석할 수 있는 효과가 있다.

<117> 또한, 육면체 요소의 부분적인 밀도변화가 가능하며, 부분간의 상호 전이가 단절되지 않고 일관되게 이루어지기 때문에, 육면체 요소의 크기를 보다 용이하게 제어할 수 있다.

<118> 아울러, 모델링의 각 단계 및 사용자의 편리성을 위한 옵션들을 프로그램 코드화 하였기 때문에, 구조물을 보다 용이하게 육면체 요소로 모델링 할 수 있고, 또한 그 과정 및 결과를 보다 확실하게 관찰 및 분석할 수 있기 때문에, 모델링에 소요되는 시간 및 경비를 절감할 수 있다.

본 발명 19)은 본 발명이 상기에서 언급한 바람직한 실시예와 관련하여 설명되어졌지만, 본 발명의 요지와 범위로 부터 벗어남이 없이 다른 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 첨부된 청구의 범위는 본 발명의 진정한 범위내에 속하는 그러한 수정 및 변형을 포함할 것이라고 여겨진다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

유한 요소 모델링에 있어서,

육면체의 일측면은 4등분하고, 대응 타측면은 16등분으로 세분화하여 면접합 단위 요소망(10)으로 모델링하는 단계(S100);

상기 면접합 단위 요소망(10)과 2개면을 공유하고, 육면체의 일측의 모서리는 2등분되며, 대각위치의 대응 모서리는 4등분되어 모서리 접합 단위 요소망(20)으로 모델링하는 단계(S200);

상기 모서리 접합 단위 요소망(20)과 3개면을 공유하고, 육면체의 일측 꼭지점과 만나는 3개 면을 각각 4등분하며, 대각위치의 대응 꼭지점과 만나는 3개 면의 일부영역을 각각 4등분하여 점 접합 단위 요소망(30)으로 모델링하는 단계(S300);으로 이루어지는 것을 특징으로 요소크기 제어를 위한 육면체 유한요소 모델링 방법.

【청구항 2】

제 1항에 있어서,

상기 면접합 단위 요소망(10)은 4등분되는 일측면과, 16등분으로 세분화되는 대응 타측면 사이의 상호 전이를 특징으로 하는 요소크기 제어를 위한 육면체 유한요소 모델링 방법.

【청구항 3】

제 1항에 있어서,

상기 모서리접합 단위 요소망(20)은 2등분되는 일측의 모서리와, 4등분되는 대각위

치의 대응 모서리 사이의 상호 전이를 특징으로 하는 요소 크기 제어를 위한 육면체 유한요소 모델링 방법.

【청구항 4】

제 1항에 있어서,

상기 점접합 단위 요소망(30)은 일측 꼭지점과 만나 각각 4등분되는 3개면과 대응 꼭지점과 만나 일부영역이 각각 4등분되는 3개면 사이를 특징으로 하는 요소 크기 제어를 위한 육면체 유한요소 모델링 방법.

【청구항 5】

유한 요소의 모델링 시스템에 있어서,

컴퓨터를 통해 운용되어 육면체의 일측면은 4등분하고, 대응 타측면은 16등분으로 세분화하여 면접합 단위 요소망(10)으로 모델링하는 프로그램 코드;

상기 면접합 단위 요소망(10)과 2개면을 공유하고, 육면체의 일측의 모서리는 2등분되며, 대각위치의 대응 모서리는 4등분되어 모서리 접합 단위 요소망(20)으로 모델링하는 프로그램 코드;

상기 모서리 접합 단위 요소망(20)과 3개면을 공유하고, 육면체의 일측 꼭지점과 만나는 3개 면을 각각 4등분하며, 대각위치의 대응 꼭지점과 만나는 3개 면의 일부영역을 각각 4등분하여 점 접합 단위 요소망(30)으로 모델링 하는 프로그램 코드;

상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)이 공유하는 면을 기초로 하여 상호 결합하도록 하는 프로그램 코드;

상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망

(30)의 각 구조 또는 상호 결합되어진 구조를 2차원 또는 3차원으로 이미지화 하여 디스플레이 하는 프로그램 코드;

2차원 또는 3차원으로 이미지화되어 디스플레이 되는 상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)의 각 구조 또는 상호 결합되어진 구조를 지면상으로 인쇄하여 출력하도록 하는 프로그램 코드;

상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)으로 모델링될 구조물에 관한 각종 수치를 입력, 수정, 삭제하는 프로그램 코드; 및

상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)의 구조에 관한 데이터를 저장하는 프로그램 코드;를 포함하는 것을 특징으로 하는 육면체 유한요소 모델링 시스템의 기록매체.

【청구항 6】

제 5항에 있어서,

상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)의 구조에 관한 디스플레이가 실행되는 환경을 제공하는 뷰어의 크기, 색상, 글자에 관한 환경을 설정하는 프로그램 코드가 더 포함되는 것을 특징으로 하는 육면체 유한요소 모델링 시스템의 기록매체.

【청구항 7】

제 5항에 있어서,

상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)의 구조를 3차원상에서 회전하도록 하여 디스플레이 하는 프로그램 코드; 및 3차원상에서의 회전을 통해 상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)의 최적의 결합상태를 제공하도록 하는 프로그램 코드;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 육면체 유한요소 모델링 시스템의 기록매체.

【청구항 8】

제 5항에 있어서,

상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)의 구조에 관하여 저장되어진 데이터는 목차, 서브목차, 콘텐츠 및 이에 관련되어지는 수치 별로 구분되어 저장되는 프로그램 코드;

상기 면접합 단위 요소망(10), 모서리 접합 단위 요소망(20), 점접합 단위 요소망(30)의 구조에 관하여 저장되어진 데이터에서 입력된 검색어를 통해 문자검색을 수행하는 프로그램 코드;

검색된 결과가 목차, 서브목차, 콘텐츠 및 이에 관련되어지는 수치인지를 구분하여 표시하고, 그 결과를 나열하는 프로그램 코드;

상기 나열된 검색결과들 중 어느 하나를 지정할 경우, 해당되는 검색결과를 표시하는 프로그램 코드; 및

상기 검색되어진 결과를 색인어 리스트에 포함시켜 저장하는 프로그램 코드;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 육면체 유한요소 모델링 시스템의 기록매체.

【청구항 9】

제 8항에 있어서,

저장되어진 상기 수치 데이터는 해당하는 단위가 첨부되어지도록 하는 프로그램 코드; 및

변환되어지는 단위에 따라 상기 수치 데이터를 변환하는 프로그램 코드; 및

상기 수치 데이터에 첨부되어진 단위로부터 상기 수치 데이터가 해당하는 물리력을 구분하는 프로그램 코드;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 육면체 유한요소 모델링 시스템의 기록매체.

【청구항 10】

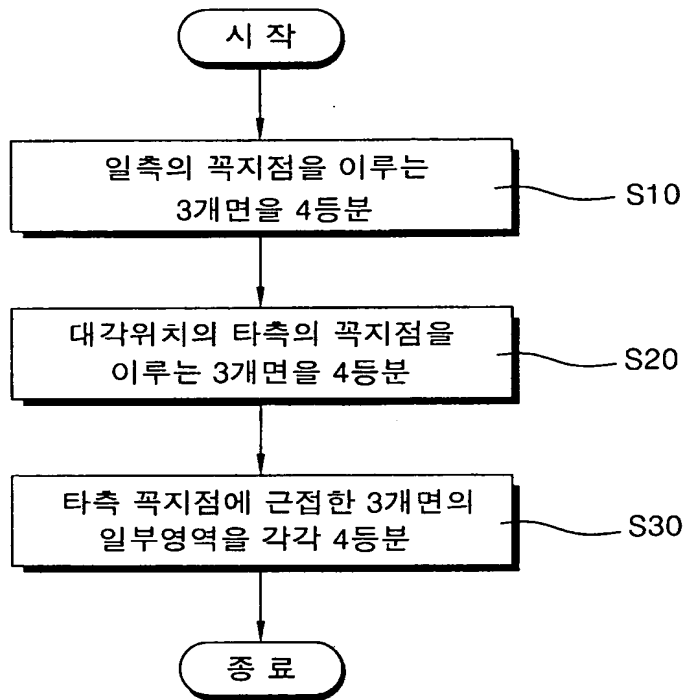
제 8항에 있어서,

저장되어진 상기 데이터를 검색하는 경우 부적절한 검색어의 소정횟수 이상의 입력시 상기 색인어 리스트가 표시되도록 하는 프로그램 코드; 및

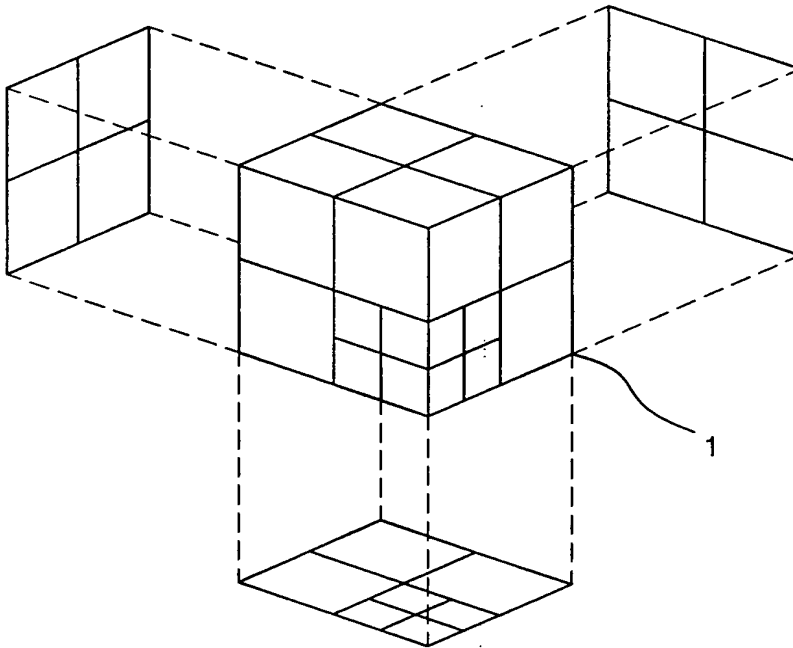
상기 검색되어진 결과를 출력하는 프로그램 코드;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 육면체 유한요소 모델링 시스템의 기록매체.

【도면】

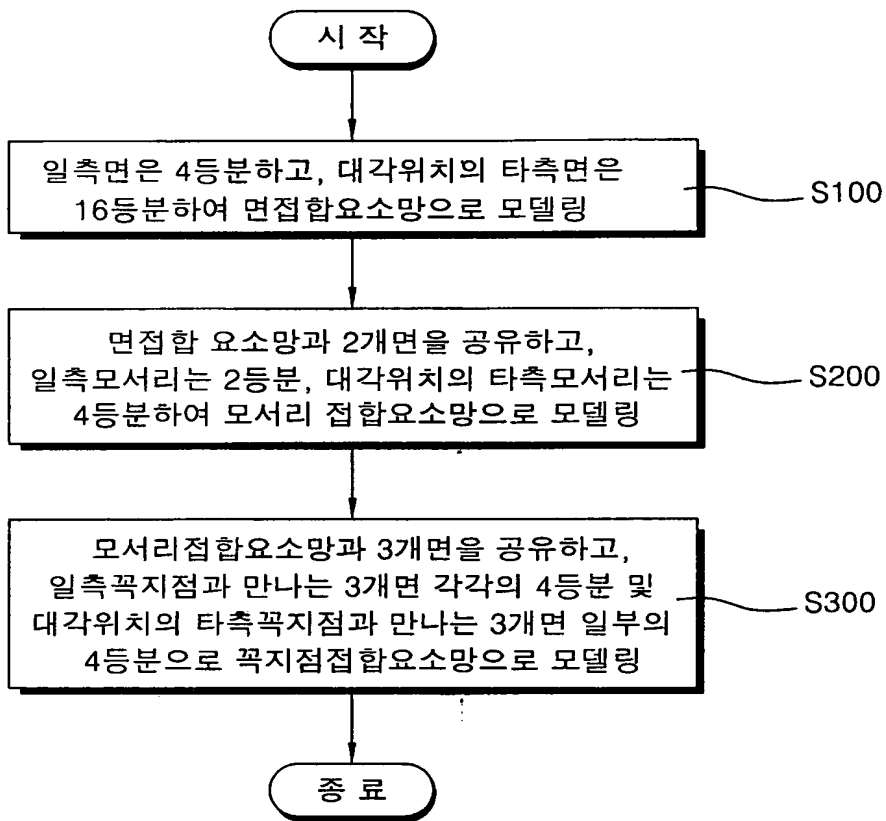
【도 1】



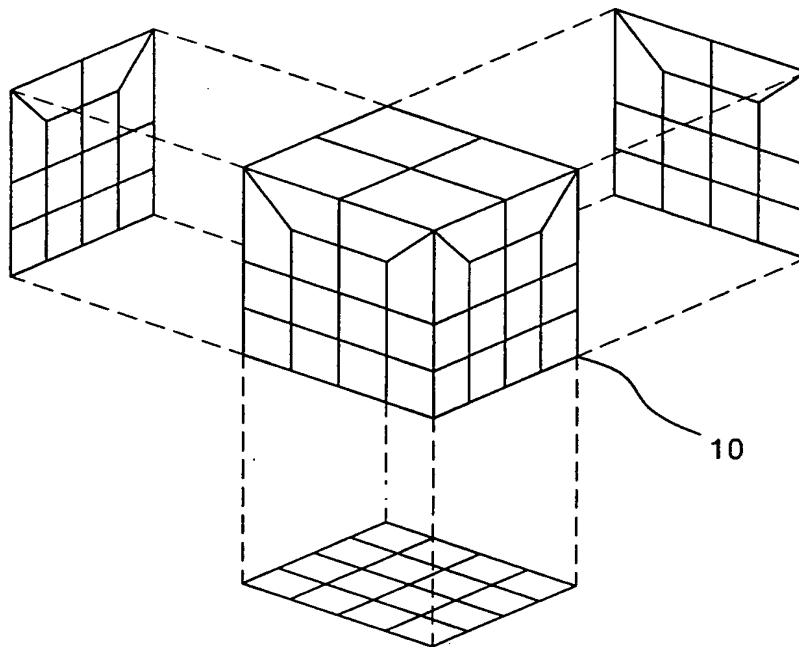
【도 2】



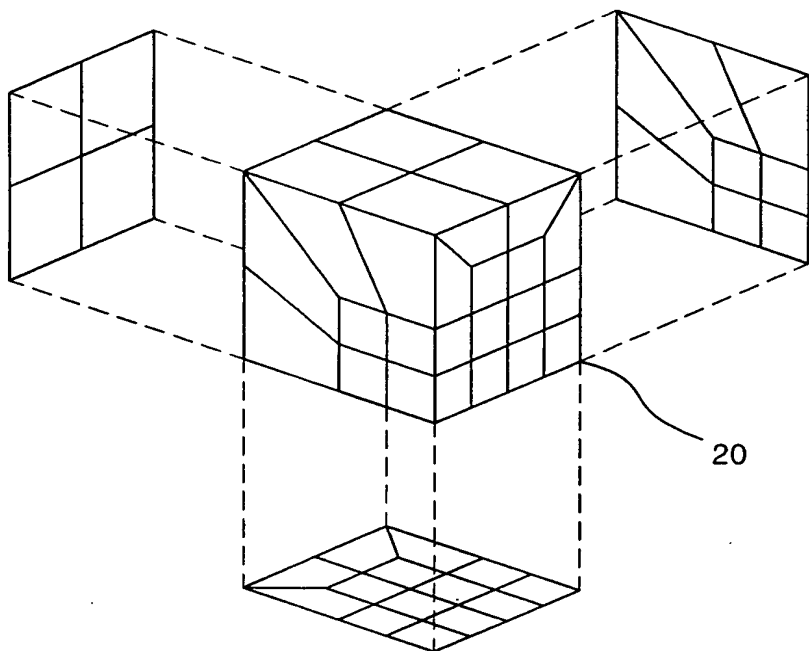
【도 3】



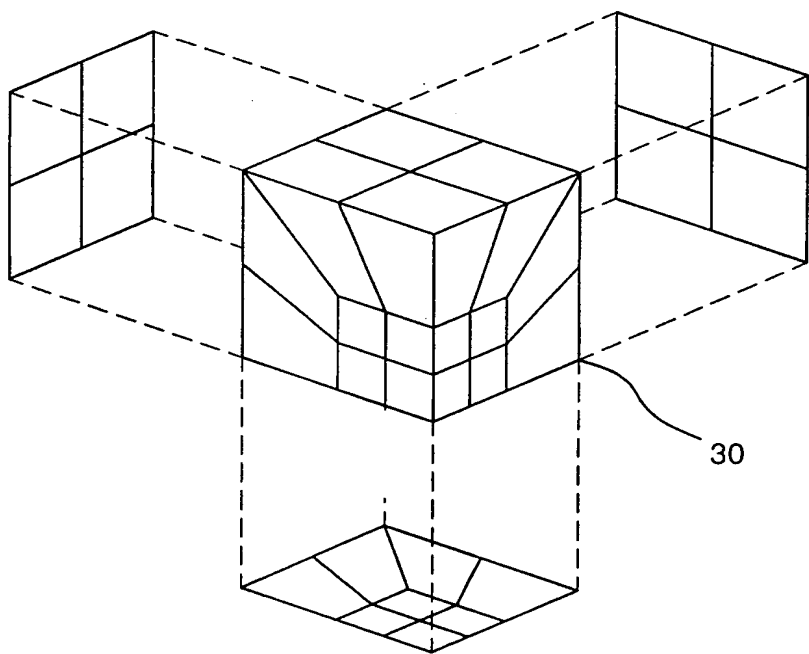
【도 4】



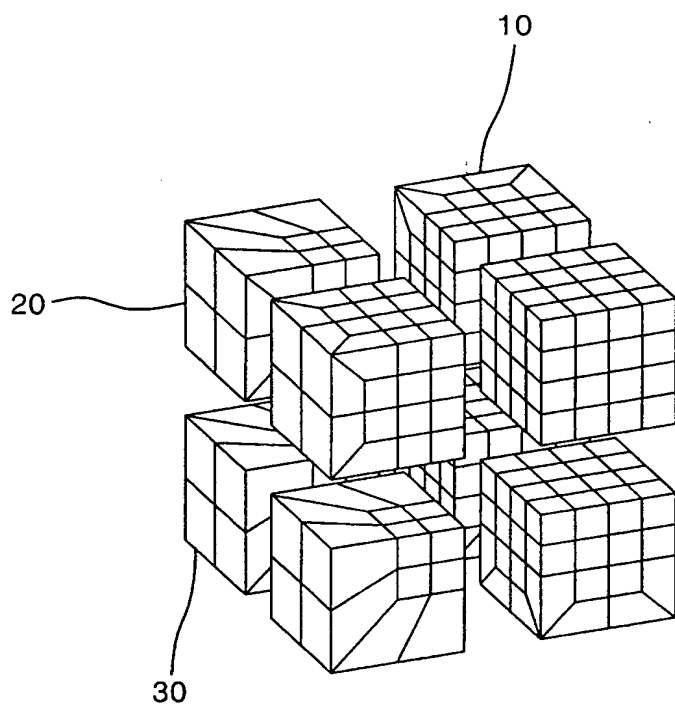
【도 5】



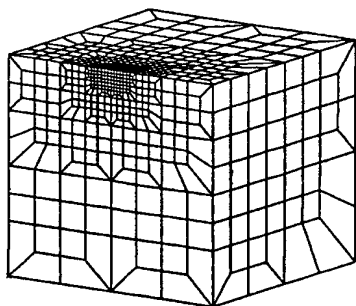
【도 6】



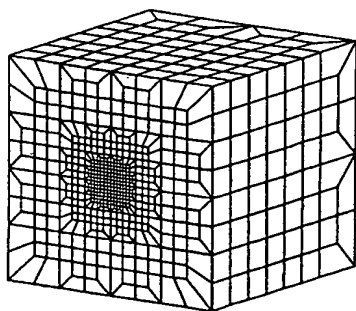
【도 7】



【도 8】



【도 9】



【도 10】

